

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-290146

(43)公開日 平成5年(1993)11月5日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/62

G 0 9 C 5/36

識別記号

3 5 0

庁内整理番号

8125-5L

9177-5G

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数10(全 11 頁)

(21)出願番号

特願平4-47303

(22)出願日

平成4年(1992)3月4日

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MASCHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州

アーモンク (番地なし)

(72)発明者 小野 真

東京都千代田区三番町5-19 日本アイ・

ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内

(74)代理人 弁理士 頓宮 孝一 (外4名)

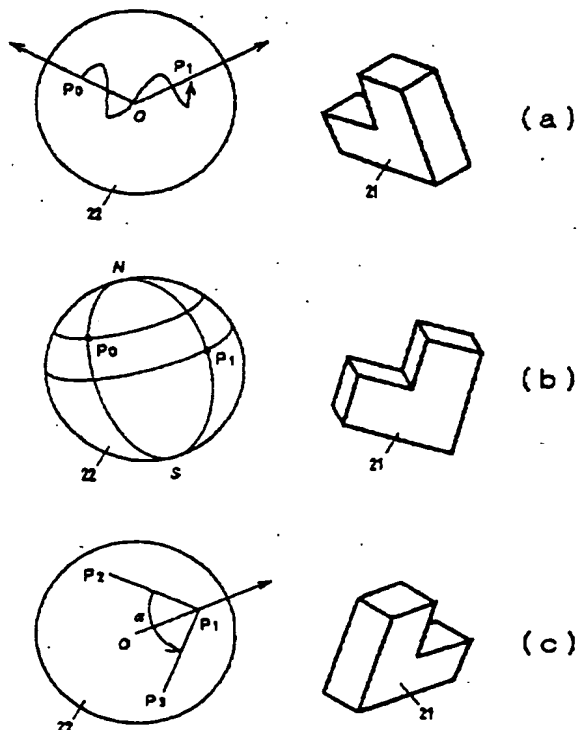
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 三次元空間中の物体を回転させるグラフィック表示方法及び装置

(57)【要約】

【目的】三次元空間中の物体の回転操作をより直接的に行えるようにして操作性を向上させるとともに、物体の姿勢を広範囲に変えられるようにする。

【構成】タブレットの画面に表示されている対象物体21を覆うように、この対象物体の固定点を中心Oとする半透明の球面22を被せる。次に、この球面上におけるペン操作によって、向きに関する3つの自由度を決定する。すなわち、球面上の複数の点(P0~P3)を所定の順序で指定する。例えば、点P0、P1の指定により、回転の軸OP1を指定し、次に点P2、P3の指定によりこの軸OP1回りの回転角 α を指定する。そして、指定された向きに物体を回転させる演算を行い、表示する。これにより、三次元空間中の物体を任意の向きに自由に回転させることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】表示手段を有する入出力部と図形の回転処理を行う処理部とを備えたグラフィック装置において、表示手段に表示された三次元空間中の物体の向きに関する3自由度を指定して該物体を回転させる方法であって、

上記表示された物体を覆う半透明の球面を上記表示手段に表示し、

予め定められた指定方法に従って上記球面上の複数の点を指示することにより、上記物体の向きに関する3自由

度のデータを入力し、
上記3自由度の向きに物体を回転させる演算を行い、
上記演算結果に基づく回転後の物体を上記表示手段に表示する、
ことを特徴とする三次元空間中の物体を回転させる方法。

【請求項2】上記向きに関する3自由度のデータ入力において、

上記球面上の2つの点の指定を連続して行うことによつて、上記3自由度のうちの2自由度を指定し、

上記球面上の2つの点の指定を、若干の時間をおいて行うことによつて、上記他の自由度を指定する、

ことを特徴とする請求項1記載の三次元空間中の物体を回転させる方法。

【請求項3】上記向きに関する3自由度のデータ入力において、

上記球面上の1つの点を指示することによつて上記回転の軸OPを指定し、

上記球面上の2つの点を指示することによつて上記軸OP回りの回転角 α を指定する、

ことを特徴とする請求項1記載の三次元空間中の物体を回転させる方法。

【請求項4】上記向きに関する3自由度のデータ入力において、上記予め定められた指定方法を上記表示手段に表示し、上記指定方法に沿った対話入力に基づいて上記自由度を指定する、

ことを特徴とする請求項1記載の三次元空間中の物体を回転させる方法。

【請求項5】表示手段を有する入出力部と図形の回転処理を行う処理部とを備えたグラフィック装置において、表示手段に表示された三次元空間中の物体の向きに関する3自由度を指定して物体を回転させる方法であって、上記表示物体の中に固定点を定め、

上記固定点を中心Oとし、上記表示された物体を覆う半透明の球面を生成表示し、

予め定められた指定方法に従って上記球面上の点を指示することにより、上記3自由度のうちの回転の軸OPを決定するデータを入力し、上記球面上において、他の点を指示することにより、上記3自由度のうちの上記軸OP回りの回転角 α のデータを入力し、

2

入力データによって決定される上記3自由度の向きに物体を回転させる演算を行い、

上記演算結果に基づく回転後の物体を上記表示手段に表示する、

ことを特徴とするグラフィック表示方法。

【請求項6】表示手段を有する入出力部と図形の回転処理を行う処理部とを備えたグラフィック装置において、上記表示手段に表示された物体を覆う半透明の球面を上記表示手段に表示する手段と、

上記球面上の複数の点を所定の順序で指示することによつて、上記物体の向きに関する3自由度を指定する手段と、

指定された上記3自由度の向きに物体を回転させる演算を行う手段と、

上記演算結果に基づく回転後の物体を上記表示手段に表示する手段、

とを備えてなるグラフィック装置。

【請求項7】表示手段を有する入出力部と図形の回転処理を行う処理部とを備えたグラフィック装置において、

上記表示された物体の固定点を中心Oとし、該物体を覆う半透明の球面を、上記表示手段に表示する手段と、

予め定められた指定方法に従って上記球面上の複数の点を指示することにより、上記3自由度に関するデータを入力する手段と、

上記入力データから演算により上記3自由度のうちの回転の軸OPを求める手段と、

上記入力データから演算により上記3自由度のうちの上記軸OP回りの回転角 α を求める手段と、

上記3自由度の向きに上記物体を回転させる演算を行う手段と、

上記演算結果に基づく回転後の物体を上記表示手段に表示する手段、

とを備えてなるグラフィック装置。

【請求項8】入出力部、作画部、図形の回転処理部を備えたグラフィック装置であって、

上記入出力部は、二次元の表示画面と該表示画面上の点を指示する手段とを含み、

上記作画部は、上記表示画面に表示された三次元図形の固定点を決定する手段及び該固定点を中心にして上記表示画面に表示する半透明の球を生成する手段を備え、

上記回転処理部は、上記入出力部を介して指示された上記半透明の球上の二次元の座標値を球面座標に変換する球面座標変換手段、該球面座標から演算によつて回転の3自由度を求める極座標計算手段と軸回転角計算手段及び、該3自由度を用いて上記物体の回転後の姿勢を求める投影変換手段、

とを備えてなるグラフィック装置。

【請求項9】上記入出力部は、上記表示画面上の点を指示するために予め定められた指定方法を該表示画面に表示する手段を含む、

50

3

ことを特徴とする請求項8記載のグラフィック装置。

【請求項10】上記入出力部は、作画モードと図形回転モードとを切り換える手段を含み、

上記作画部は、上記作画モード時に、入力データに基づいて三次元図形を生成する図形処理部と、該三次元図形のデータを記録する記憶部とを含み、上記図形回転モード時に、該三次元図形のデータに基づいて上記三次元図形の固定点を決定する、

ことを特徴とする請求項8記載のグラフィック装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、グラフィック入力装置の上で、タブレットのような二次元入力装置を用いて三次元空間中の物体を任意の向きに回転させる方法に関する。

【0002】

【従来の技術】三次元空間中の物体には、位置に関して3自由度、向きに関して3自由度合わせて6自由度が存在する。対象とする物体の中に固定点が設定されているものとする、位置に関する3自由度は決定されるので、残りの、向きに関する3自由度を指定すればよい。これは、物体の回転として定義される。向きに関する3自由度は、グラフィック入力装置上で、何らかの方法で三つのパラメータを入力することで指定できる。従来、このパラメータは、例えば、X、Y、Zの各平面との角度や球面座標上の位置等により入力されていた。入力手段としては、ダイヤルやスライダーといった連続値が入力出来る装置を用いることが一般的である。一方、同時に入力するデータは、グラフィックディスプレイ上の座標に基づくものが多く、これらの値の入力には、タブレットやマウス等の装置を利用することが多い。このように三次元空間中の物体を回転させるのに複数の入力装置を使用するため、操作が煩雑となり、かつ特殊な装置のため、コストのかかるものとなりがちである。

【0003】一方、特開昭61-36791号(USP 4734690号)公報には、対象物体の位置を固定したまま、対象物体を包囲する想像上の球面を利用して、視点を変更する方法が示されている。この方法では、対象物体自体の姿勢は不変なので、視点を変更しても見ることの出来る範囲は限られてしまう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、以上の問題を解決し、三次元空間中の物体の回転操作をより直接的に行えるようにして操作性を向上させるとともに、物体の姿勢を広範囲に変えられるようにすることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、表示された対象物体の固定点を定め、この固定点を中心とし対象物を覆うように半透明の球面を被せる。次に、この球

4

面上において、向きに関する3つの自由度を決定するための複数の点を所定の順序で指定する。点の指定により、例えば、回転の軸を指定し次にこの軸回りの回転角を指定する。そして、指定された向きに物体を回転させる演算を行い、表示する。これにより、三次元空間中の物体を任意の向きに自由に回転させることができる。

【0006】

【実施例】図1は、本発明の一実施例になるグラフィック入力装置の構成を示すものである。図において、1は入出力部、2は作画部、3は図形の回転処理部である。入出力部1は、文字や数値情報を入力するためのキーボード4やタブレット5を備えており、作画モードと、図形回転モードとを切り換えて入力する。タブレット5の表示画面6上において、ユーザがペン7で示した位置情報(x, y)は、二次元入力装置8を介して作画部2、回転処理部3に入力される。また、二次元表示装置9を介して作画部2や回転処理部3における処理の結果が、表示画面6上に出力される。10は入力のモードに応じて入力情報を作画部2もしくは回転処理部3に送る入力処理部である。作画部2は、作画モード時に、ユーザの入力に基づいて三次元図形を生成する図形処理部11と、この図形のデータ(X, Y, Z)を記憶する記憶装置12を備えており、また、図形回転モード時に、半透明の球の中心を決定する回路13及び半透明の球を生成し表示画面に表示するための回路14を備えている。

【0007】図形の回転処理部3は、図形回転モード時に、入力された二次元(x, y)座標値を球面座標(θ , ϕ)に変換する球面座標変換回路16と、空間中の三次元物体の姿勢を制御する3自由度を演算により求める極座標計算回路17及び軸回転角計算回路18と、これらの計算結果を保持するメモリ19とを備えている。極座標計算回路17では、極座標の回転角の2成分を計算によって求め、軸回転角計算回路18では、球の中心と指定された球表面上の点を通る軸のまわりの回転角を求める。投影変換回路15では、記憶装置12から得られた物体の図形データ(X, Y, Z)と、回転処理部3における演算によって求められた回転の3自由度とに基づいて、物体の回転後の姿勢を計算し、二次元座標に変換する。この結果は二次元表示装置9を介して表示画面6に出力表示される。また、この計算結果は、必要に応じてディスプレイ20やプリンタのような外部出力装置にも出力される。

【0008】図2にタブレット5の表示画面6の表示例を示す。21は回転操作の対象となる三次元空間中の物体である。22は図形の回転モード時に物体21を包囲するようにして表示される半透明の球である。

【0009】図3は、図形回転モード時に、三次元空間中の物体を回転させる方法の処理手順の概要を示すものである。まず、作画部2で作画モード時に作成された対象物体21の三次元図形のデータを読み出し、表示画面

6に表示する(ステップ31)。そして、この対象物体21の図形上に半透明の球22を重ねて表示する(ステップ32)。次に回転操作のためのユーザ入力の方法を決定する(ステップ33)。これには、ペン入力に基づいて自動的に指定成分の判定を行う方法(自動判定)やユーザが明示的に宣言する方法がある。操作性を向上させるには、自動化が望ましい。次に、ユーザが回転操作のためのデータを入力する(ステップ34)。そして、回転後の図形を演算し(ステップ35)、表示画面6に表示する(ステップ36)。

【0010】回転操作のためにユーザが入力すべきデータには、球面上の座標(極座標値)成分と、軸回りの回転角成分とがある。極座標値の指定は、図4の(a)のように、をP0からP1へ移動させることにより、球面と共に物体を回転させるものである。この際、球の中心Oから球面上の点P0、P1を軸とする回転の自由度が残されているため、図4の(b)のように、仮想的に移動前後の子午線の向き(N-S)を不変(初期値のまま)とする。次に、図4(c)のように、点P2、P3を決めることにより移動後の軸(O-P1)回りの回転角 α を指定する。ユーザが希望する状態になるまで、対話入力の操作を繰り返す(ステップ37)。球面上の点P0とP1を同じ位置とした場合つまり、点P0のみを指定し次に点P2、P3を決めると、軸(O-P0)回りに回転角 α だけ物体が回転する。

【0011】以下、回転の3自由度の成分指定の各手順を図5～9で詳細に説明する。まず、図5は成分指定を自動的に判定する場合の処理を示す。最初に、球中心決定回路13によって、画面に表示されている対象物体21の図心位置を固定点として自動的に決定する(ステップ41)。ユーザが図心位置以外の点を固定点として選択したいときは別途その位置を指定することもできる。対象物体21の固定点が決まると、半透明球生成装置14が固定点を中心Oとする半透明の球22を生成し、対象物体に被せる形で、表示画面6に表示する(ステップ42)。この半透明表示は、球の各画素をフレームバッファに書き込む際に、アルファバッファを用いた演算処理により元の全画素の表示を修正することによって実現できる。あるいは、元の全画素を一画素おきに書き直し他はそのままにしておく「画素の間引き」を行う方法でも容易に実現できる。

【0012】次にユーザは、表示画面6に表示されている球面上の一点をペン7で指定する(ステップ43)。この点の二次元座標値(x , y)は、二次元入力装置8を介して球面座標変換回路16に入力され、仮想球面22上の点P0として三次元座標に変換される。

$P0 = (\cos \theta \cos \psi, \sin \psi, \sin \theta \cos \psi)$
表示されているものが、ユーザの定義した図形ではなく、作画部2によって生成された球であるため、球面座標変換回路16は、P0の三次元位置を容易に計算でき

る。

【0013】次に、ペン入力されたP0の位置に、後の操作のためのキューとなるマーカを表示する(ステップ44)。ユーザの指定によっては、球22の中心と一番目の点P0との間に軸を表示する。次にユーザが上記極座標値を入力するのか軸回転角値を入力するのかを自動判定し、予め装置に対して宣言する。ここでは、ユーザがペンを球面上で動かす操作に基づいて、以下の方法で自動的に区別する。

10 (A) 一番目の点P0の入力に連続して別の点P1が入力された場合、換言するとP0の入力後、ある定められた時間T内であつて微小時間 τ 以内に別の点P1が入力された場合(ステップ45～47)は上記極座標値の入力と判断する(ステップ48)。

(B) 一番目の点P0が入力されてから間をおいてすぐ後に、換言するとP0の入力後、ある定められた時間T内であつて、上記微小時間 τ より後に、別の点P1が入力された場合、上記軸回転角値の入力と判断する(ステップ49)。

20 (C) 上記所定時間T以内に入力がないときは、キャンセル操作とみなし、一番目のマーカも消して(ステップ50)、初期状態に戻る。

【0014】図6は上記極座標値の入力(ステップ48)に伴う処理の流れを示す図である。以下図7を参照しつつ説明する。まず、表示されている球面22上の一点の三次元座標をP0とし、P0の極座標(θ_0 , ψ_0)を求める(ステップ61)。次にユーザがそのまま、ペンを球面22上で動かして入力した最後の点P1の極座標(θ_1 , ψ_1)を求める(ステップ63)。次に、P0、P1二点間の差分すなわち $\theta_1 - \theta_0$, $\psi_1 - \psi_0$ を求める(ステップ64)。この差分は、対象物体の姿勢の初期位置からの変位に相当する。この相対的な動きを対象物体の最初の向きに加算することにより、対象物体の回転後の姿勢が得られる。この計算は、投影変換回路15において後述する方法で処理され、その結果はメモリ(図示せず)に記録されると共に表示装置6に表示される(ステップ65～66)。このようにして、ユーザは、対象物体21を希望する方向に回転させることができる。簡単なペン操作のみで点P0、P1を球面22上において自由に移動出来るので、対象物体を任意の方向に自在に回転させることができる。入力が完了したら最初に表示されたマーカを消して初期状態に戻る(ステップ67～69)。

【0015】図8は上記図5のステップ49の軸回転角値の入力操作、すなわち残り一自由度を軸回りの回転で指定する処理の流れを示す図であり、図9を参照しつつ説明する。まず、既に入力されている点P1と仮想の球22の中心Oとを通る線分OP1を回転軸とみなす(ステップ81)。次に、ユーザが入力した球面上の一点P2を回転の始点とし、マーカ表示する(ステップ

7

8

82)。ユーザがこの始点P2から物体を回転させたい方向へペンを移動させ、球面22上の他の点P3を指定すると、 $\angle P2P1P3$ が対象物体を軸O・P1回りに回転させるべき角度 α となる(ステップ83~84)。軸回転角計算回路18でこの軸まわりの回転角 α を計算によって求め、投影変換回路15で物体の回転後の姿勢を計算し、その演算結果が画面に表示される(ステップ85)。このような操作を繰り返すことにより、ユーザは、対象物体を希望する向きに回転させることができる(ステップ86)。入力が完了したら最初に表示された*10

* マーカを消して終了する(ステップ87~88)。

【0016】次に、投影変換回路15、極座標計算回路17及び軸回転角計算回路18における座標変換の演算処理について説明する。座標間の変換にはベクトルとマトリックスを用いる。説明を簡単にするために、まず軸回転角計算回路18においてOP1軸回りに点P2を α だけ回転させる変換マトリックスTAについて説明する。

【0017】図9において、l, m, nを、回転軸O・P1に沿った単位ベクトルとすると、

【数1】

$$\tan \theta_1 = \frac{n}{l} \quad (1)$$

$$\tan \phi_1 = \frac{m}{\sqrt{l^2 + n^2}} \quad (2)$$

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1 \quad (3)$$

(1), (2), (3)より

$(l, m, n) = (\cos \theta_1 \cos \phi_1, \sin \phi_1, \sin \theta_1 \cos \phi_1)$

となる。

【0018】OP1をYZ平面に投影してできるベクトルOQ1とY軸とのなす角を ϕ_1 とする。OP1, OQ1をX軸まわりに $-\phi_1$ だけ回転させるとOR1, OS1となる。この変換マトリックスをT1とすると、

【数2】

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_1 & -\sin \phi_1 & 0 \\ 0 & \sin \phi_1 & \cos \phi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。このように変換マトリックスT1により、Y軸に一致するOS1、XY平面上に位置するOR1が得られる。

【0019】つぎに、OR1とY軸とのなす角を ϕ_2 とすれば、OR1をZ軸の回りに ϕ_2 だけ回転させるとY軸に一致する。この変換マトリックスをT2とすると、

【数3】

$$T_2 = \begin{bmatrix} \cos \phi_2 & \sin \phi_2 & 0 & 0 \\ -\sin \phi_2 & \cos \phi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。さらに、Y軸の回りに α ($=\angle P2P1P3$) だけ回転させる変換マトリックスをT3とすると、

【数4】

$$T_3 = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。さらに、変換マトリックス T_1 、 T_2 に逆変換を施して、変換マトリックス T_1^{-1} 、 T_2^{-1} を得る。

【0020】よって、OP1軸回りに点P2を α だけ回転させる変換マトリックス T_A は、

$$* T_A = T_1 T_2 T_3 T_2^{-1} T_1^{-1}$$

となる。ここで

【数5】

$$\begin{aligned} \cos \phi_1 &= \frac{m}{\sqrt{l^2 + n^2}} & \sin \phi_1 &= \frac{n}{\sqrt{l^2 + n^2}} \\ \cos \phi_2 &= \frac{l}{\sqrt{l^2 + m^2}} & \sin \phi_2 &= \frac{m}{\sqrt{l^2 + m^2}} \end{aligned}$$

ところが、 l 、 m 、 n は、 θ_1 と ϕ_1 の関数であるから、 T_A はすべて、 θ_1 と ϕ_1 および回転角 α の関数として表現出来る。このようにして、軸回転角計算回路18の変換マトリックス T_A を求めることができる。

【0021】同様に、極座標計算回路17における変換マトリックス T_B も、図7の θ_0 、 ϕ_0 、 θ_1 、 ϕ_1 の関数

※数として表現することができる。

【0022】次に、投影変換回路15における変換マトリックスを T_C としたとき、投影法が透視変換であれば、

【数6】

$$T_{C1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{R} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \left(\begin{array}{l} \text{但し視軸を、} z \text{ 軸とし、} \\ z = R \text{ を投影中心とする。} \end{array} \right)$$

となり、また、平行投影であれば、

【数7】

$$T_{C2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。TCは、TC1、TC2のいずれを用いてもさしつかえない。

【0023】そして最後に、二次元表示装置9を介して表示画面に表示するための二次元の出力 $P'(x, y)$ は、仮想球面22上の各点P(P0~P3)の三次元座標に上記投影変換回路15、極座標計算回路17及び軸回転角計算回路18の各変換マトリックスを掛けることによって得られる。

$$P' = P T A T B T C$$

【0024】図10は回転自由度の成分指定を行う他の例を示すものである。すなわち、メニュー選択によりユーザが明示的に宣言する場合の処理手順を示す。この例では、表示画面に入力用のメニューが示され、ユーザはメニューを選択しながら対話形式で回転自由度の成分指定を行う。表示画面に示されたメッセージに従って仮想球面22上の各点P(P0~P3)を順次指定することにより、極座標の入力(ステップ108~110)や軸回転角の入力(ステップ116~118)を行うことができる。メニューに従って入力するので入力順序の自動判定は不要となる。また、極座標の入力と軸回転角の入力の順序を逆に設定しても差し支えない。投影変換回路15、極座標計算回路17及び軸回転角計算回路18の動作については既に述べたものと同じなので説明は省略する。この方法は、成分指定の順序が明白であり、操作に慣れていないユーザに対して用いるのに適している。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、三次元空間中の物体の回転操作を二次元入力装置上で直接的に行うことができる。ペン操作による対話形式の入力が可能となり、操作性が大幅に向上する。

【図面の簡単な説明】

12

【図1】本発明の一実施例になるグラフィック入力装置の構成を示す図である。

【図2】図1の入出力部の表示画面の一例を示す図である。

【図3】図1の装置により物体を回転させる場合の処理手順の概要を示す図である。

【図4】図3における回転の指定経過を説明する図である。

【図5】図3の回転自由度の成分指定を自動判定する場合の手順を示す図である。

【図6】図5の極座標値の入力に伴う処理の詳細である。

【図7】図6の極座標値の指定経過を説明する図である。

【図8】図5の軸回転角値の入力操作に伴う処理の詳細である。

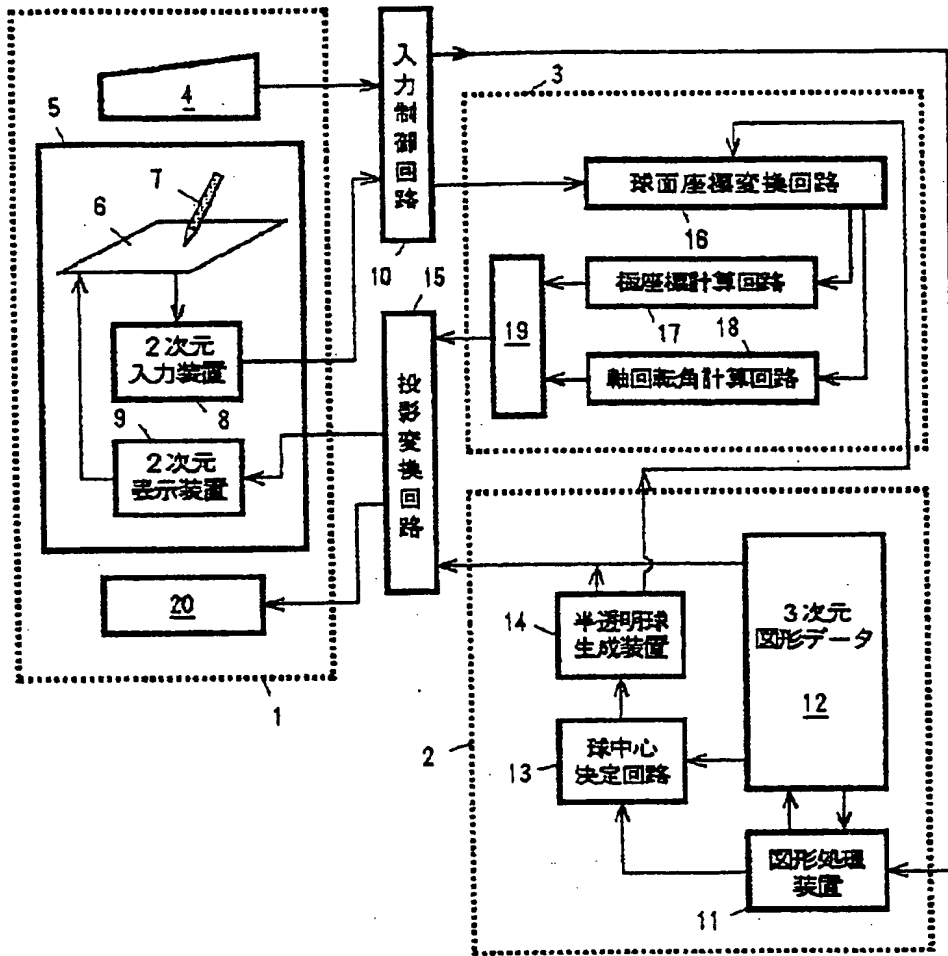
【図9】図8の軸回転角値の指定経過を説明する図である。

【図10】回転自由度の成分指定をメニュー選択によって行う場合の手順を示す図である。

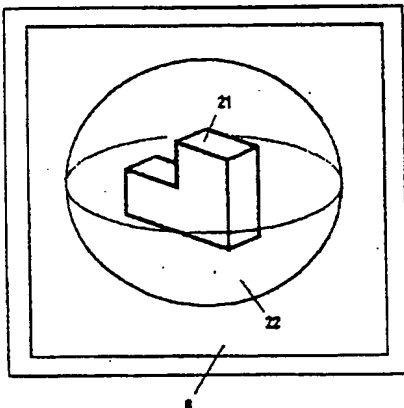
【符号の説明】

- 1 入出力部
- 2 作画部
- 3 回転処理部
- 4 キーボード
- 5 タブレット
- 6 表示画面
- 7 ペン
- 8 二次元入力装置
- 9 二次元表示装置
- 11 図形処理装置
- 12 記憶装置
- 13 球中心決定回路
- 14 半透明球生成装置
- 15 投影変換回路
- 16 球面座標変換回路
- 17 極座標計算回路
- 18 軸回転角計算回路
- 21 対象物体
- 22 半透明の球

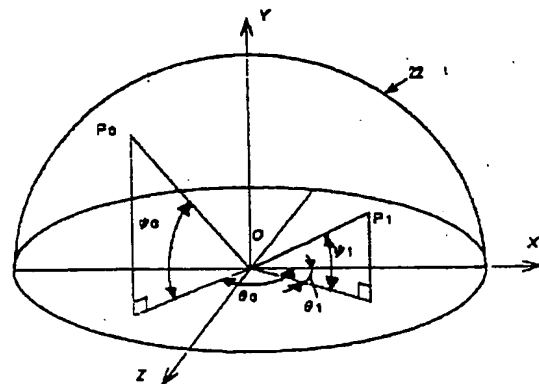
【図1】



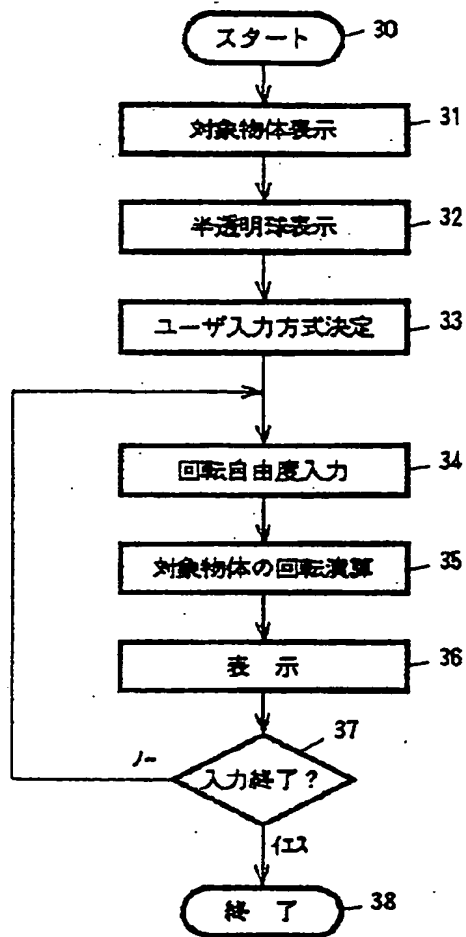
【図2】



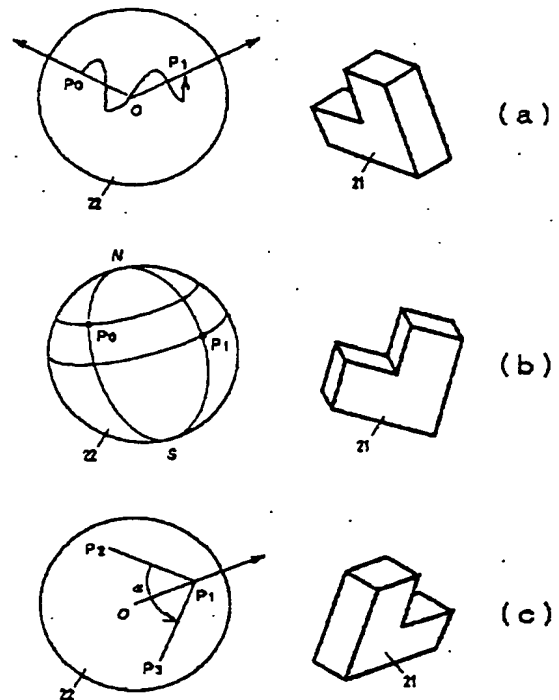
【図7】



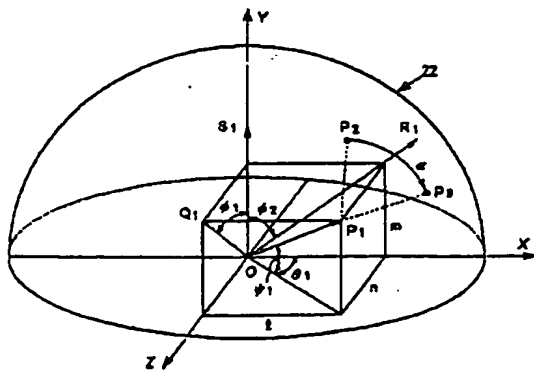
【図3】



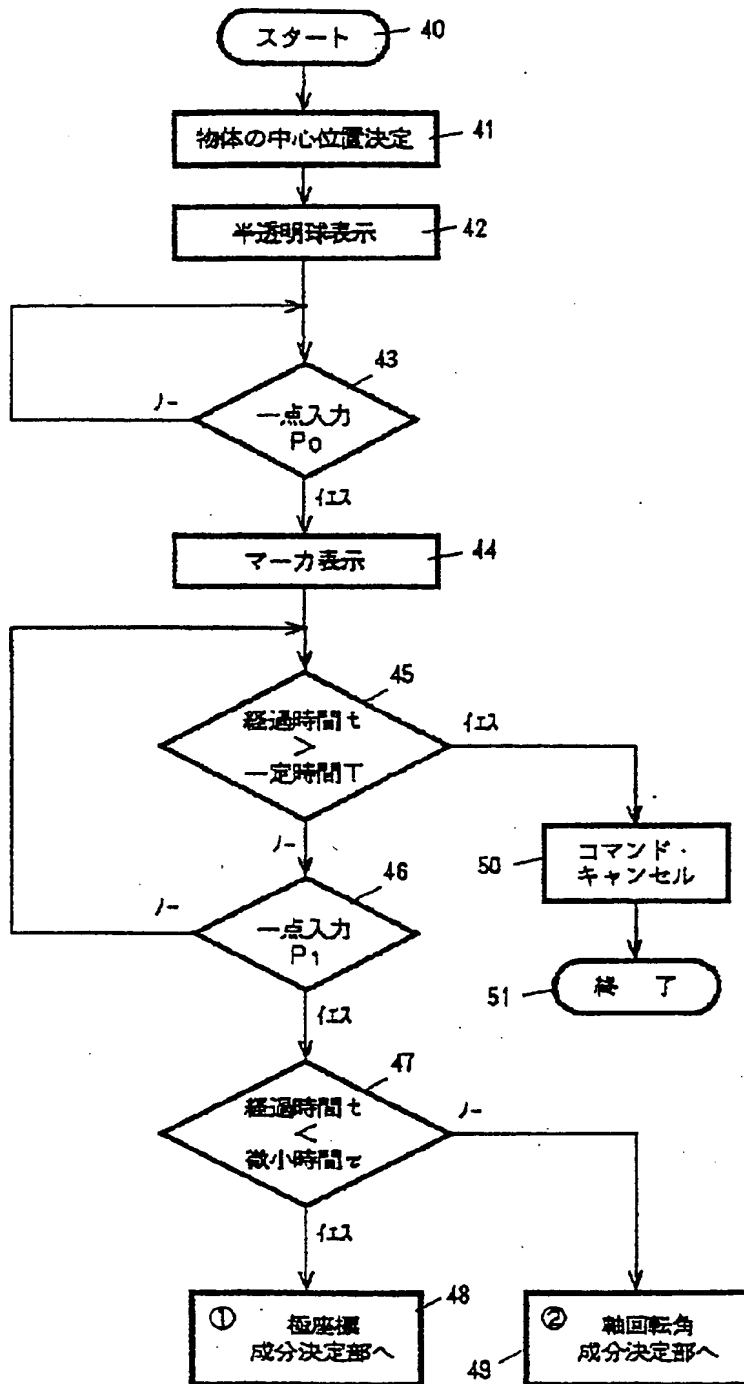
【図4】



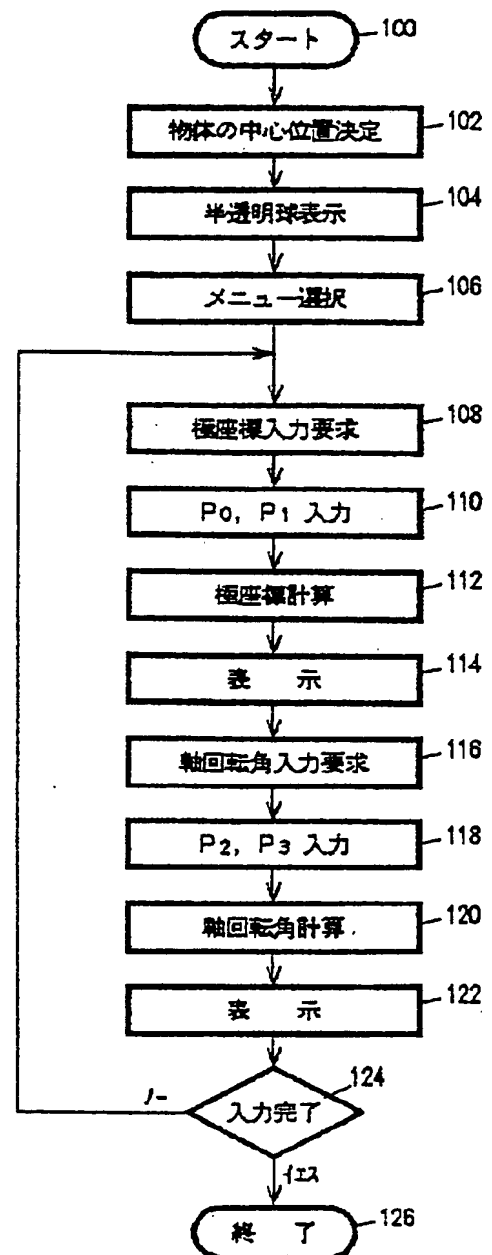
【図9】



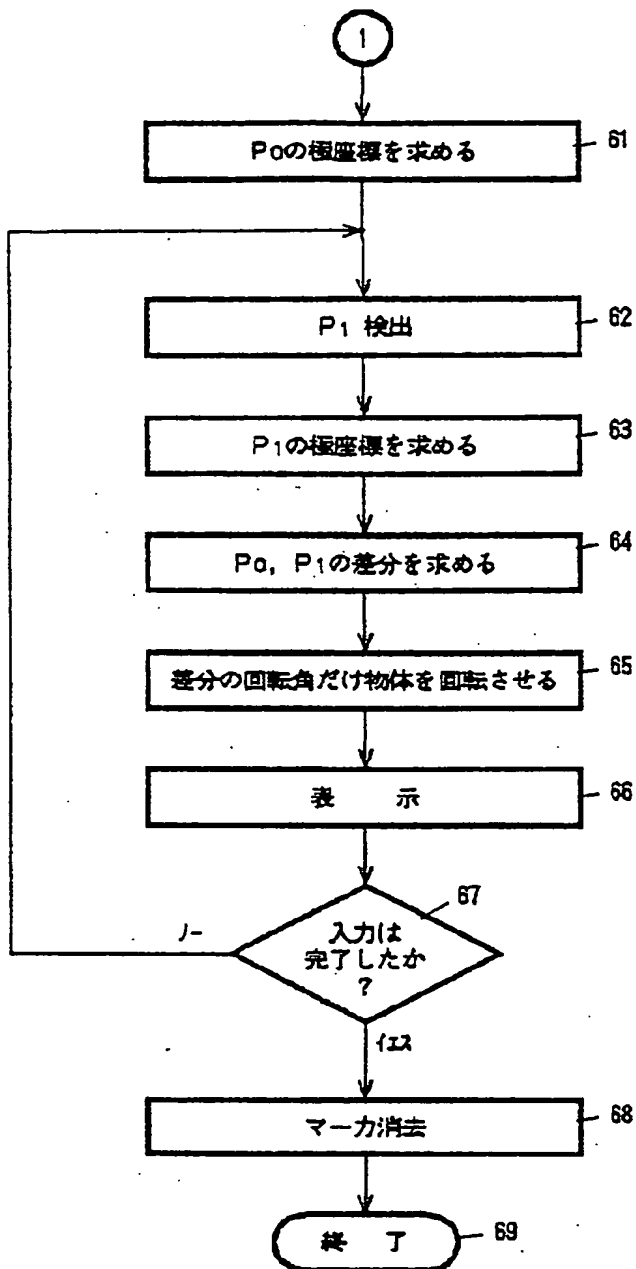
【図5】



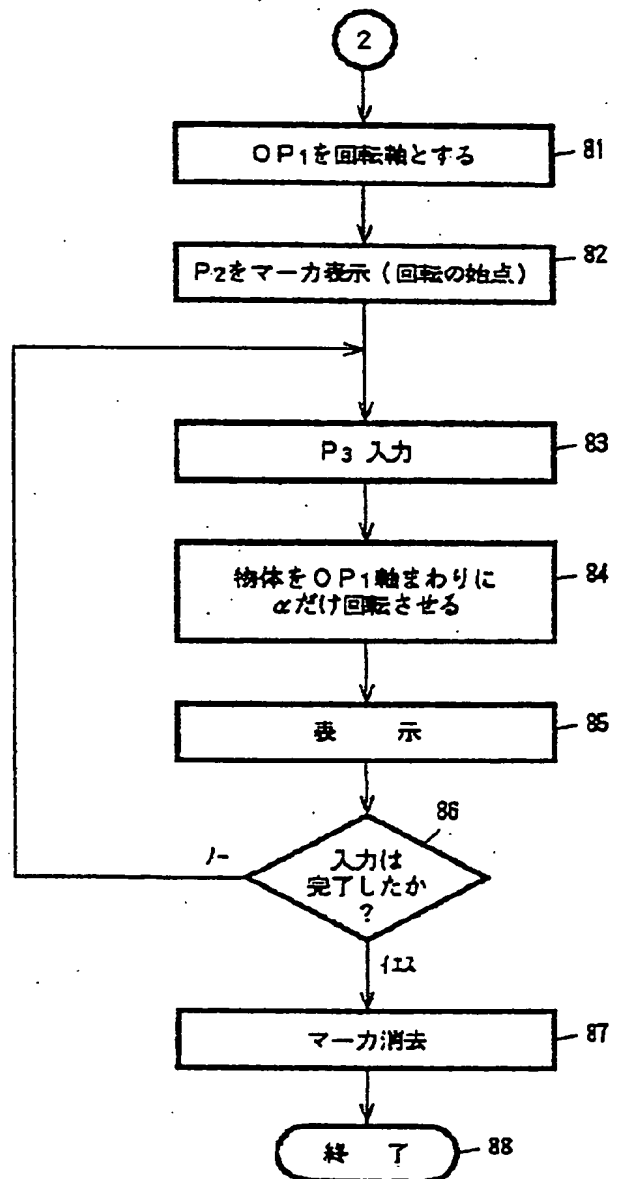
【図10】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

(72) 発明者 南方 博視
東京都千代田区三番町 5-19 日本アイ・
ビー・エム株式会社 東京基礎研究所内

THIS PAGE LEFT BLANK